

광대역 무선 가입자망(LMCS)에서의 변복조 방식과 기지국 및 단말기 시스템 설계

류시우*, 김대진*, 김영한*, 정한욱*

* 전남대학교 전자공학과

+ 숭실대학교 정보통신공학과

◦ 한국전기통신공사 무선통신연구소

요약

본 논문에서는 광대역 무선가입자망 (LMCS: Local Multipoint Communication System)에서 사용하는 변복조 방식 및 구조에 대하여 살펴보고, ATM 셀 전송을 기본으로 하고 상 하향 같은 길이를 전제로 한 데이터 프레임 구조를 기반으로 해서 데이터 프레임 및 변복조 파라미터를 제시하였다. 그리고 여러 가입자에서 전달되는 상향 프레임의 동기화 방법 및 이 동기화를 위한 가입자 단말기 모델의 요구 사항에 대하여 논하였다. 마지막으로 LMCS 서비스를 위한 LMCS 시스템 구조에 대하여 기지국 시스템과 단말기 시스템을 설계하여 제시하였다.

I 서론

최근 정보망의 폭발과 멀티미디어 서비스의 확산으로 광대역 멀티미디어 통신 기술이 필요하게 되었다. 영상 압축 기술의 발달로 방송 신호가 완전한 디지털 신호 전송이 가능해짐에 따라 비디오, 오디오 신호와 데이터 신호간의 차이점이 없어지면서 방송과 통신간의 영역 다름 및 통합이 가속화되고 있다. 통신 채널은 대역폭은 작지만 쌍방향성이 완벽하다는 장점이 있고 방송의 채널은 쌍방향성은 약하지만 대역폭이 넓어 광대역 전송이 가능하다는 장점이 있다. 멀티미디어 통신의 경우 비디오, 오디오, 데이터가 같은 채널을 통해서 전송되므로 광대역과 쌍방향성이 동시에 요구된다. 따라서 기존의 통신 채널을 사용할 경우 대역폭에 문제가 있고 방송 채널을 사용할 경우 쌍방향성에 문제가 있는데 이 문제를 동시에 해결할 수 있는 방식이 디지털 LMCS 방식이다. 정보통신부에서 1997년 4월 국내의 20 GHz 대 가입자회 전용 주파수를 상향 24.25 ~ 24.75 GHz, 하향 25.50 ~ 27.50 GHz로 각각 지정 고시하였는데 [1] 이는 멀티미디어 통신 서비스를 충분히 할 수 있는 대역폭이다. 가능한 서비스로는 LMCS 망을 이용한 인터넷 데이터 서비스와 MPEG2 비디오/오디오 서비스, 그리고 전화 서비스가 될 것이다[2-5].

본 논문에서는 LMCS 시스템에서 상하향 모두 ATM 셀 전송을 기본으로 한 변복조 방식, 프레임 동기화 LMCS 시스템 구조에 관하여 논하는데 2장에서 DAVIC 시스템을 기초로 한 변복조 구조에 관하여 논하고 3장에서 하향 및 상향의 데이터 프레임의 구조 그리고 상향 프레임의 동기화 방법에 관하여 논한다. 마지막으로 4장에서는 LMCS 시스템 구조에 대하여 기지국 시스템과 단말기 시스템 설계하는 것에 대하여 논하고자 한다.

II 변복조 방식[6]

하향 변조기의 입력은 DAVIC 1.2 시스템[6]에서 MPEG2-TS 패킷의 크기에 맞추어서 구성된 DAVIC 전송 프레임으로 되어 있다. ATM 데이터를 전송할 경우에는 ATM 셀을 DAVIC 전송 프레임으로 변환하여 보내야 한다. ATM 스트림은 연결식별과 헤더 오류 제어를 포함하고 있는 5바이트 헤더와 48바이트 페이로드로 이루어진 총 53바이트를 갖는 패킷으로 구성되어 있다.

따라서 ATM 스트림을 전송하기 위해서는 2개의 MPEG2-TS 전송 프레임 구조에 다음 그림 1과 같이 7개의 ATM 셀을 맵핑하여 전송하여야 한다.

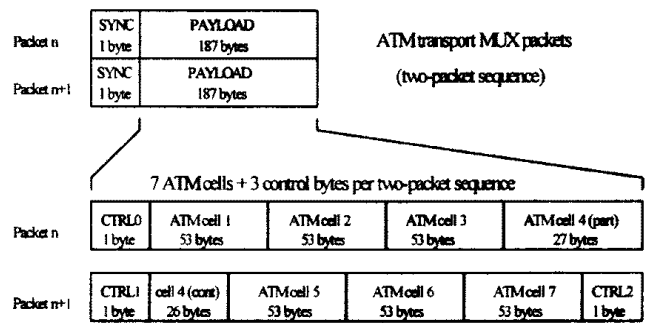


그림 1. 하향 스트림의 ATM 셀의 맵핑 구조

데이터 프레임은 여러 개의 타임 슬롯으로 구성되는데 여기서 타임 슬롯은 하나의 ATM 셀을 의미한다. 타임 슬롯의 갯수는 사용되는 주파수 대역폭 및 변조 방식에 의해 다르게 정해지며 슬롯은 MAC 메시지에 의해 다이나믹하게 조정된다[6]. 하향 스트림에 대한 트랜시버의 구성도는 그림 2와 같다.

이 구조는 다음과 같은 기능을 수행한다. 베이스밴드 접속 블럭은 ATM 셀 형태로 들어오는 데이터를 그림 1과 같이 7개의 ATM 셀을 2개의 188바이트 무선 전송 패킷 구조로 변환한다. 랜덤 블럭은 188바이트 패킷 중 8개 마다 한 개씩 동기 바이트를 반전시켜 주고, 전송 시 스펙트럼을 균일하게 하고 수신기의 주파수 복원, 타이밍 복원, 채널 등화기 알고리즘이 제대로 수행할 수 있도록 데이터 스트림을 랜덤화한다. RS(Reed-Solomon)블럭은 에러 방지 패킷을 생성하기 위해 랜덤화된 전송 패킷에 RS(204,188) 코드를 적용하는데 이는 수신기에서 204바이트 중 8바이트까지 에러가 생겨도 보정할 수 있게 하여 준다. 콘볼루션 인터리버는 $I=12/M=17$ 을 갖는 콘볼루션 인터리버를 수행하는데 동기 바이트의 주기는 변하지 않도록 한다. 이 인터리빙은 수신기에서 군집 에러가 생겼을 때 군집 에러를 분산시켜 에러 정정 능력을 높이는 역할을 한다. 콘볼루션 코더는 제한 길이 $K=7$ 을 갖는 비율이 1/2인 콘볼루션 코드에 기초를 둔 여러 범위의 구멍넌(punctured) 콘볼루션 코드이다. 이는 코드 비가 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 과 7/8을 갖는 콘볼루션 코딩을 허용한다. 비율이 2/3, 3/4, 5/6 과 7/8인 것은 비율이 1/2 콘볼루션 인코더 출력 비트 중 일부를 전송함으로써 만들어진다. 콘볼루션 코딩은 QPSK에만 적용된다. 베이스밴드 펄스 세이핑에서는 I와 Q 신호에 스쿼어 루트 레이즈드 코사인 (square-root raised cosine) 필터링을 행한다. 변조 블럭은 QPSK 변조 또는 16-QAM 변조를 하여 IF 접속 블럭을 통하여 QPSK/16-QAM 변조된 IF 신호가 출력된다.

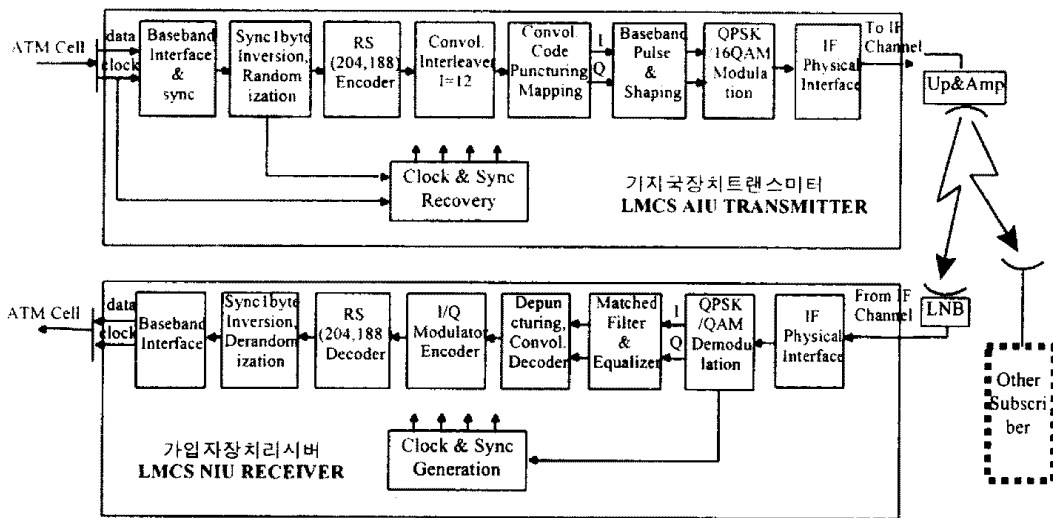


그림 2. LMCS 하향 변복조 구성도

이는 상향 주파수 변환기(up converter)와 증폭기를 거쳐 안테나를 통해 25.5 GHz ~ 27.5 GHz 대의 전파로 방사된다. 가입자장치 라 시버는 위의 변조 과정에서 설명한 기능을 역으로 행하는데 최종 출력은 ATM 셀이 된다.

상향스트림의 변조기의 입력 데이터의 구조와 전송 프레임의 구조는 그림 3 과 같다. 이는 53 바이트의 하나의 ATM 셀을 받아들여 프리앰블(Preamble)을 4 바이트 붙이고 RS 패리티 10 바이트와 동기를 위한 1 바이트의 보호구간을 합하여 총 전송 프레임은 68 바이트가 된다.

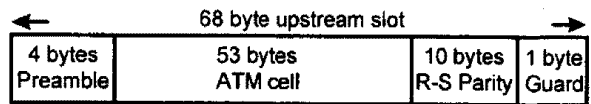


그림 3. 상향 스트림 슬롯 구조

상향스트림에 대한 트랜시버의 구성도는 그림 4 와 같다.

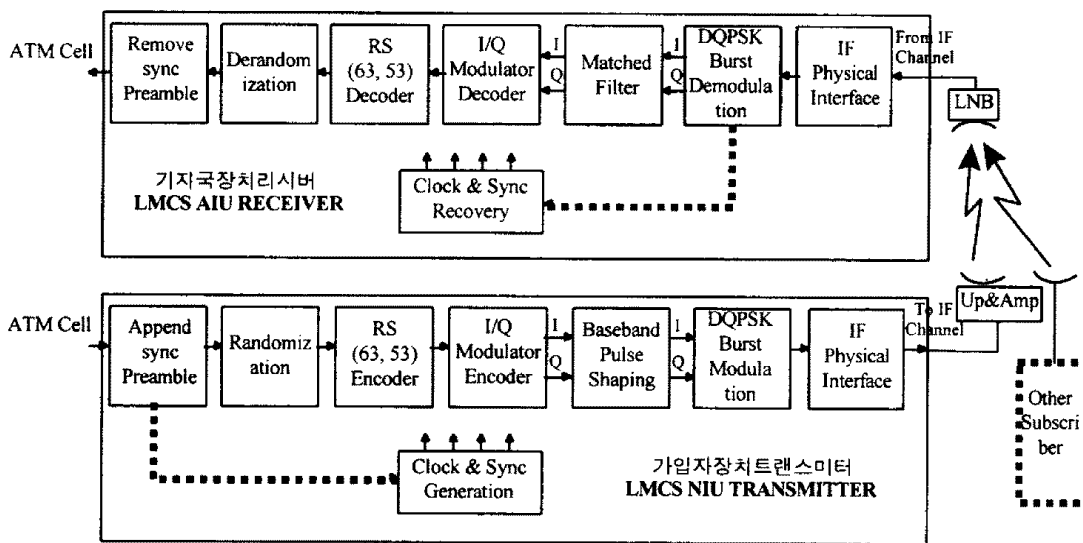


그림 4. LMCS 상향 스트림 트랜시버의 구조

입력된 상향스트림 ATM 셀은 랜덤화기에서 무선 구간 전송 시 스펙트럼을 균일하게 하기 위해 랜덤화되고, 랜덤화된 ATM 셀은 순방향 에러 정정을 위해 5 바이트 에러 정정을 갖는 RS(63,53)코드에 의해 에러 정정 부호화 된다. 부호화된 패킷은 DQPSK 변조되기 위해 IQ 베이스밴드 펄스로 맵핑된다. 베이스밴드 변조 펄스는 $\alpha = 0.30$ 의 초과 대역폭을 갖는 루트 레이즈드 코사인 (root-raised cosine) 필터링되고 그 패킷 데이터는 할당된 슬롯속으로 상향스트림의 RF 파형으로 버스트 변조된다. 기지국장치 리시버는 신호를 받아들여 위의 변조 과정에서 수행한 기능을 역으로 행하여 신호를 복조한다.

$$\frac{N_U \cdot 68 \cdot 8}{R_U \cdot 2} = \frac{N_D \cdot 204 \cdot 8 \cdot \frac{2}{7}}{R_D \cdot 2} \quad (1)$$

여기서 R_U 는 상향스트림 채널 심볼율이고, N_U 는 상향스트림 타임 슬롯(ATM 셀)의 수이고 R_D 는 비터비 디코딩 이후의 하향스트림 심볼율이다. N_D 는 하향스트림 타임 슬롯(ATM 셀)의 수이다. 위식을 정리하면

$$R_D = \frac{6 N_D R_U}{7 N_U} \quad (2)$$

III 데이터 프레임 구조 및 동기화

1. 데이터 프레임 구조 및 조건

상향스트림(upstream) 타임 슬롯 구조는 그림 3에 보여주고 있는 바와 같이 한 슬롯은 68 바이트의 길이인데 하나의 ATM 셀을 전송할 수 있는 구조이다. 1 바이트 보호구간은 망 진입(net entry) 후 상향스트림 동기 에러를 제공한다. 프리앰블은 망 진입 동안에는 상향스트림 타이밍을 알아내는데 도와주고 망 진입 후에는 상향스트림 동기를 유지하기 위해 상향스트림 타이밍 에러 측정 수단으로 활용된다.

ATM 전송의 경우 하향스트림 타임 슬롯은 하나의 ATM 셀로 구성되어 있고 마찬가지로 상향 스트림도 타임 슬롯은 하나의 ATM 셀로 구성되어 있다. 이 때 상향 스트림과 하향 스트림은 다음의 두 가지 조건을 만족하도록 프레임 길이 및 변복조 파라미터가 정해져야 한다.

첫째 상향 스트림 TDMA 프레임 길이는 하향 스트림 TDM 프레임 길이와 똑 같아야 하고 이는 3 ms 부터 6 msec 사이의 값이 되어야 한다. 두 개의 길이를 똑 같이 둔 이유는 TDMA의 상향 신호가 가입자의 거리에 따라 지연이 달라지기 때문에 데이터 프레임 단위로 가입자별 상향 프레임의 지연을 조절하여 기지국에서 봤을 때 모든 가입자에게서 들어오는 모든 상향 프레임의 시작을 하향 프레임의 시작과 맞추기 위함이다. 그래서 하향스트림 타임 슬롯과 상향스트림 타임 슬롯의 관계는 다음 식을 만족해야 한다. 이 식은 상향 스트림 TDMA 프레임 길이가 하향 스트림 TDM 프레임 길이와 똑 같이 되는 조건 식이다.

$$S_D = k S_U \quad (3)$$

여기서 k 는 정수이다. 그런데 하향신호의 콘블루션 코드 비율 η (1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 6/7, 7/8)라고 하면 $R_D = \eta S_D$ 이고 상향신호는 길쌈부호화를 하지 않았으므로 $R_U = S_U$ 이다. 그러므로 식 (3) 으로부터

$$R_D = k \eta R_U \quad (4)$$

따라서 식 (4)을 식 (2)에 대입하면 상향스트림 타임슬롯(ATM 셀)의 수 N_U 와 하향스트림 타임 슬롯(ATM 셀)의 수 N_D 의 관계는 다음과 같이 된다.

$$N_D = \frac{7k \eta N_U}{6} \quad (5)$$

다음 테이블에 k 와 η 의 변화에 따른 가능한 N_U 와 N_D 의 비율 정리하였다.

표 1. k 와 η 의 변화에 따른 가능한 N_U 와 N_D 의 비

	$\eta = 1/2$	$\eta = 2/3$	$\eta = 3/4$	$\eta = 5/6$	$\eta = 7/8$
k=4	$N_D=(7/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2 \cdot 2/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7/2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2 \cdot 5/3 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/3 \cdot 4)N_U$
k=5	$N_D=(7 \cdot 5/6 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 5/6 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 7/6 \cdot 8)N_U$
k=6	$N_D=(7/2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 3/4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/8)N_U$
k=7	$N_D=(7 \cdot 7/2 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7 \cdot 5/6 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7 \cdot 7/6 \cdot 8)N_U$
k=8	$N_D=(7 \cdot 2/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 4 \cdot 2/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2 \cdot 5/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/3 \cdot 2)N_U$
k=9	$N_D=(7 \cdot 3/2 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7)N_U$	$N_D=(7 \cdot 3 \cdot 3/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/2 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 3 \cdot 7/2 \cdot 8)N_U$
k=10	$N_D=(7 \cdot 5/3 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 2/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 5/3 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 7/3 \cdot 8)N_U$
k=11	$N_D=(7 \cdot 11/6 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 11/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 11/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 11 \cdot 5/6 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 11 \cdot 7/6 \cdot 8)N_U$
k=12	$N_D=(7)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2 \cdot 2/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 3/2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/4)N_U$
k=13	$N_D=(7 \cdot 13/6 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 13 \cdot 2/6 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 13/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 13 \cdot 5/6 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 13 \cdot 7/6 \cdot 8)N_U$
k=14	$N_D=(7 \cdot 7/3 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7 \cdot 2/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7 \cdot 5/3 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7 \cdot 7/3 \cdot 8)N_U$
k=15	$N_D=(7 \cdot 5/2 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 3/2 \cdot 4)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 5/2 \cdot 6)N_U$	$N_D=(7 \cdot 5 \cdot 7/2 \cdot 8)N_U$
k=16	$N_D=(7 \cdot 4/3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 8 \cdot 2/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 2)N_U$	$N_D=(7 \cdot 4 \cdot 5/3 \cdot 3)N_U$	$N_D=(7 \cdot 7/3)N_U$

2. 하향 스트림 및 상향 스트림 프레임 구조와 변복조 구조

하향 변조기에 들어오는 입력이 ATM 25 스위치의 출력일 경우를 생각하자. 순수한 ATM Rate가 25.6 Mbps 이므로 이 ATM-25 스위치 출력 한 단자의 데이터를 하나의 채널에 전송

하는 것으로 디자인할 경우 디자인 파라미터는 다음과 같다. 전송 효율을 최대로 내기 위해서는 롤오프팩터(roll-off-factor) = $\alpha = 0.2$ 로 디자인하고 아날로그 LMDS(Local Multipoint Distribution System)의 대역폭이 20 MHz로 되어 있어서 디지털에서도 20 MHz 대역폭에 맞추어서 디자인 하기로 하자. 이 경우 채널 간격은 IF 불확실성(Uncertainty)이 ± 5 MHz 이기 때문에 보호대역(Guard Band)으로 10 MHz 을 두어 30 MHz 으로 한다. 그 디자인한 파라미터가 하향 신호가 ATM 일 경우가 표 2에 나타나 있다. 콘블루션 코드 효율의 경우 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 을 사용할 수 있

는데 비가 낮아지면 낮아질수록 채널 코딩 효과는 좋지만 그 비율만큼 전체 비트 속도가 낮아진다. 그래서 비트 속도를 높게 하기 위해 그 중 가장 큰 값 7/8을 사용하는 것이 최적이라고 본다. 이때 하향 심볼 속도 대 상향 심볼 속도비를 5로 하여 상향 채널의 대역폭의 5 MHz 내에서 최대가 되도록 디자인하고자 하면

$$N_D = (7.5/7/6/8)N_U = (235/48)N_U \quad (6)$$

가 된다. 가능한 조합은 $N_D = 245$ 그리고 $N_U = 48$, $N_D = 490$ 그리고 $N_U = 96$ 이 있으나 후자는 프레임 길이가 6 msec 을 넘어서 $N_D = 245$ 그리고 $N_U = 48$ 을 사용한다.

표 2 : ATM-25 를 기준으로 했을 때의 상향/하향 프레임 구조 및 변복조 파라메타

Description	Units	Description	Units
Frame Period	3.980488 ms	Frame Period	3.980488 ms
Time Slots per Frame	245	Time Slots per Frame	48
ATM Cell Rate	61550 cells/s	ATM Cell Rate	12059 cells/s
ATM Rate	26.097 Mbit/s	ATM Rate	5.113 Mbit/s
Time Slot Efficiency	371/376	Time Slot Efficiency	63/68
Bit Rate	26.449 Mbit/s	Bit Rate	5.519 Mbit/s
Reed Solomon Efficiency	188/204	Reed Solomon Efficiency	53/63
Reed Solomon Bit Rate (R_D)	28.700 Mbit/s		
Convolutional Code Efficiency	7/8		
Channel Bit Rate	32.800 Mbit/s	Channel Bit Rate (R_U)	6.560 Mbit/s
QPSK Modulation	2 bit/symb b	DQPSK Modulation	2
Channel Symbol Rate	16.400 Mbaud	Channel Symbol Rate	3.280 Mbaud
Roll-Off Factor (α)	0.2	Roll-Off Factor (α)	0.3
Signal Bandwidth	19.680 MHz	Signal Bandwidth	4.264 MHz
Channel Spacing	30.000 MHz	Channel Spacing	5.000 MHz
Available Bandwidth	2000 MHz	Available Bandwidth	500 MHz
Number of Channels	65	Number of Channels	100

무궁화 위성의 경우 LMCS 의 하향 트랜시버 구조와 같은 채널 코딩과 QPSK 변조를 사용하고 있어 무궁화 위성과 같은 심볼률을 따르면 초장기 LMCS 의 하향 트랜시버 구성은 쉽게 할 수 있다. 롤오프팩터 = $\alpha = 0.35$ 을 사용하고 채널 간격은 보호 대역을 두어 40 MHz 으로 한다. 그 디자인한 파라메타가 표 3 나 타나 있는데 콘볼루션 코드 효율의 경우는 가장 큰 값 7/8 을 사용한다. 이때 하향심볼 속도대 상향 심볼 속도비를 6로 하여 디자인하고자 하면

$$N_D = (7.7/8)N_U \quad (7)$$

가 된다. 프레임 길이가 3ms-6ms 사이에 있는 가능한 조합은 $(N_D, N_U) = (245, 40), (294, 48), (343, 56), (392, 64), (441, 72)$ 이 있으나 이중 $N_U = 441, N_D = 72$ 을 사용한다.

표 3. 무궁화 위성들 기준으로 할 때 상향/하향 프레임 구조 및 변복조 파라메타

Description	Units	Description	Units
Frame Period	5.51662 ms	Frame Period	5.51662 ms
Time Slots per Frame	441	Time Slots per Frame	72
ATM Cell Rate	79940 cells/s	ATM Cell Rate	13051 cells/s
ATM Rate	33.895 Mbit/s	ATM Rate	5.534 Mbit/s
Time Slot Efficiency	371/376	Time Slot Efficiency	63/68
Bit Rate	34.351 Mbit/s	Bit Rate	5.973 Mbit/s
Reed Solomon Efficiency	188/204	Reed Solomon Efficiency	53/63
Reed Solomon Bit Rate (R_D)	37.275 Mbit/s		
Convolutional Code Efficiency	7/8		
Channel Bit Rate	42.600 Mbit/s	Channel Bit Rate (R_U)	7.100 Mbit/s
QPSK Modulation	2 bit/symb b	DQPSK Modulation	2
Channel Symbol Rate	21.300 Mbaud	Channel Symbol Rate (S_U)	3.550 Mbaud
Roll-Off-Factor (α)	0.35	Roll-Off-Factor (α)	0.3000
Signal Bandwidth	28.755 MHz	Signal Bandwidth	4.615 MHz
Channel Spacing	40.000 MHz	Channel Spacing	5 M MHz
Available Bandwidth	2000 MHz	Available Bandwidth	500 MHz
Number of Channels	50	Number of Channels	100

3. 프레임 동기화

상향스트림 TDMA 프레임 길이는 하향스트림 TDM 프레임 길이(3 ~ 6 msec)와 같다. 기지국의 상향스트림 수신기에서 상향스트림 프레임은 하향스트림 프레임에 비해 고정된 지연 시간을 갖는다. STB(Set Top Box)는 기지국의 수신기에서 상향스트림 TDMA 프레임 슬롯 경계를 하향스트림 TDM 프레임 경계와 일치하기 위해 상향스트림 패킷 전송의 타이밍을 조절한다. 즉 STB 는 기지국의 수신기와 상향스트림 심볼 동기를 지정된 오차 범위 안에서 이루어지게 해야 한다.

상향스트림 동기는 2 단계가 있는데 하나는 망 진입 전이고 다른 하나는 망 진입 후이다. 망 진입 전 최대 동기 에러는 STB 에서 양방향 전파 지연의 부정확성에 의해 주로 결정되고 그 최대 지연은 LMCS 서비스 셀 환경에 의해 결정된다. STB 망 진입 시 망 관리시스템(Net management)은 STB 망 진입에 의한 TDMA 패킷 충돌을 방지하기 위한 긴 망 진입 슬롯을 형성하기 위해 여러 개의 계속된 슬롯을 할당한다. 그 망 진입 절차는 동기화 수렴을 제공하는데 이는 STB 가 기지국에서 측정된 동기화 타이밍 에러를 근간으로 상향스트림 시간축을 조절하는 것을 의미한다. 망 진입 후 STB 상향스트림 동기 에러는 비록 패킷 보호구간은 4 심볼이지만 하나의 상향스트림 심볼 길이보다 작게 유지된다. 기지국은 망 진입 후 정확히 지정된 동기화를 유지하는데 STB 를 보조하기 위해 예측된 상향스트림 동기 에러를 주기적으로 STB 에 제공한다. NIU 의 처음 설치가 인가되어 망에 들어가 프레임 동기를 맞추고 모든 설정이 끝나기까지의 과정을 설명하면 다음과 같다.

- ① NIU/STB 는 처음 설치가 되어 전원이 인가된다.
- ② 전원이 들어오면 하향 도메인의 경우 미리 정해진 채널을 하나 선택하여 그 채널에 대해 주파수 복원, 타이밍 복원, 프레임 동기, 에러 정정 복호화의 일련의 설정 과정을 거쳐 TDM 형식으로 들어오는 데이터 중 데이터 프레임의 첫번째 타임 슬

롯의 데이터가 MAC 프로세서로 가도록 한다. 마찬가지로 상향스트림 모드도 일련의 설정 과정을 거친다. 기지국의 AIU는 하향 채널을 통하여 폴링을 하게 되는데 망관리 시스템과 가입자 사이에 미리 약속을 하여 가입자별로 망 진입시 폴링 채널을 정하여 놓고 쓰는 것이 망 진입을 빠르게 할 수 있다.

③ AIU는 Sign_on_request와 Poll_slot_allocation MAC 메시지를 통해 등록된 각 NIU/STB를 각 프레임의 첫번째 슬롯인 시작 슬롯(FS)을 통해 폴링한다. Sign_on_request MAC 메시지에는 NIU의 serial_no와 upstream_signal_config 필드가 들어있는데 serial_no는 단말기의 고유번호(Serial Number)로 NIU에서는 이것을 보고 자기가 폴링이 되었다는 것을 알고 이 때 전달된 MAC_message 상의 niu_id가 자신의 id가 된다. serial_no는 단말기 고유의 번호이지만 niu_id는 망 진입 시 마다 동적으로 할당된다. Poll_slot_allocation에서는 upstream_frequency와 poll_slot_id가 지정이 된다. AIU는 최소한 한 하향스트림 주파수상의 각 NIU를 2초에 한번 이상 폴링한다.

④ NIU는 초기에 설정되어 있는 기준 주파수 채널의 하향스트림 상의 각 프레임의 첫번째 슬롯인 시작 슬롯(FS)을 계속하여 살펴보아 자신의 고유번호가 폴링되기를 기다린다. 만일 NIU가 2초를 기다려도 자신의 고유번호를 수신할 수 없으면 다음 주파수로 바꾸어 폴링이 되는 주파수를 찾을 때까지 계속된다. 한번 NIU가 자신의 폴링된 것을 찾고 이에 응답하게 되면 이후 NIU는 오직 이 주파수 내에서 폴링된다. 폴링이 된 후 NIU는 Status_response MAC 메시지를 통하여 회신한다. Poll_slot을 통해서 회신되는 Status_response에는 niu_tx_LO_offset, niu_rx_LO_offset, niu_tx_time_offset, niu_tx_power, niu_rx_power의 값을 송신하게 되어 있는데 맨 처음에는 초기 값이 설정되어 있으므로 그 초기 값을 보내게 될 것이다.

⑤ AIU에서는 poll_slot을 통하여 status_reponse 신호를 받아 상향 채널을 분석한 후 tx_calibration MAC 메시지를 통해 freq_offset_value, time_offset_value, power_offset_value을 보내 상향 모뎀을 교정하도록 한다. 이 tx_calibration MAC 메시지는 최소한 매 2초마다 한번 이상 전송된다. NIU의 전송 신호가 충분히 시간 동기가 맞을 때까지 poll_response 슬롯 뒤에 보호구간 슬롯이 요구된다. 표 2의 경우 한 프레임의 길이가 3.9804878 ms이고 상향 타임 슬롯이 48개 있으므로 한 타임 슬롯의 길이는 83 μs가 된다. 셀의 반경을 최대 5 km라고 보았을 때 왕복 10 Km이므로 왕복 길이의 전파의 전파 시간은 33 μs이다. 그래서 보호구간 슬롯으로 1개를 두면 충분하다.

⑥ STB 상향스트림 동기 예러가 하나의 상향스트림 심볼 길이보다 작게 될 때까지 status_request, status_response, tx_calibration이 계속된다.

⑦ 일단 NIU가 calibration 되면 이어 contention slot, reserved time slot이 할당될 수 있으며 MAC 제어 세션이 할당되고 이용된다. AIU는 NIU가 잠시 활동성이 없더라도 상향스트림 전송 신호 교정을 위해 최소한 매 2초마다 한번 이상 폴링을 계속한다. 지금 사용하고 있는 채널의 하향스트림 트래픽이 심해서 다른 채널로 이동할 경우에는 AIU는 NIU에 MAC 메시지 new_downstream_channel을 보낸다. 이 메시지 안에는 downstream_frequency, channel_symbol_rate, bits_per_symbol, roll_off_rate, convolutional_encode_rate의 정보가 들어있어 NIU가 새로운 채널로 이동하는 것을 도와준다.

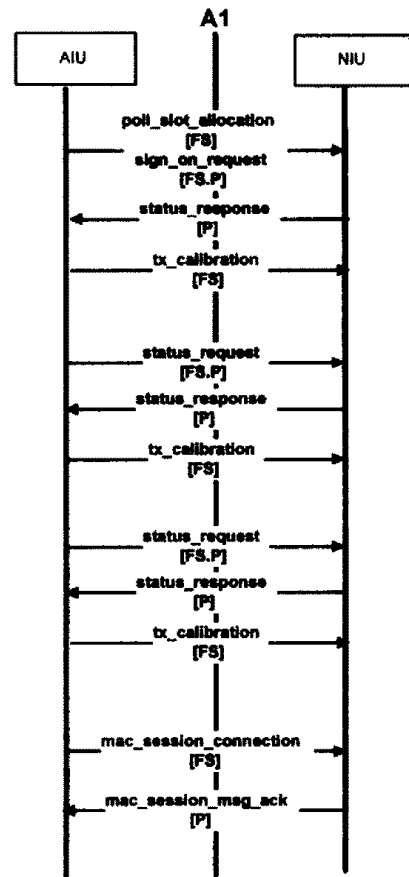


그림 5. 망 진입과 동기화 과정

위와 같은 절차에 따른 프레임 동기화를 구현하려면 가입자용 상향스트림 모뎀에서는 상향 채널을 선택할 수 있어야 할 뿐만 아니라 선택된 채널 안에서 송신 주파수를 조절할 수 있어야 하고 상향 프레임의 시작 시간을 조절할 수 있어야 하며 또한 상향 스트림의 파워를 조절할 수 있어야 한다. 이는 기지국 위주로 모든 가입자로부터 오는 상향 스트림의 주파수, 전력, 시간 동기를 맞추어야 하기 때문이다.

IV LMCS 시스템 구조

LMCS 망을 통해 제공되는 서비스가 인터넷 디지털 비디오/오디오, 전화 서비스일 때 모든 데이터가 ATM 셀로 구성되어 있는 경우를 살펴보자. 이 경우의 기지국 시스템의 구성도가 그림 6에 있는데, 인터넷 데이터가 라우터를 거쳐 ATM 스위치로 들어오고 VOD 서버도 ATM 셀 형태로 서비스하여 ATM 스위치에 연결되고 PSTN 망도 ATM 형태로 ATM 스위치에 연결된다. 이때 ATM 스위치와 변복조기와의 연결은 하향의 경우 ATM 중단부에서 ATM 스위치 추력 신호를 ATM 셀 형태로 바꾸어주고 하향 프레임(Downstream Framer)에서 188 Bytes 단위의 DAVIC 전송 프레임 형태로 바뀌어 QPSK 변조기로 입력된다. 또한 ATM 중단부는 MAC 제어용 데이터는 허브 관리 시스템에서 온 MAC 제어용 데이터를 하향 데이터 프레임에 삽입한다. 이는 주파수 변환기를 사용하여 IF 950~2050 MHz 대역으로 올린다. 이 신호가 다시 Ka 밴드 주파수 변환기를 사용하여 25.5~27.5 GHz로 올려 증폭기를 사용하여 안테나를 통해 전파된다.

그림 7에 단말기의 개괄적인 구성도가 나와 있다. 가입자용 장치는 안테나, 하향용 Ka 밴드 신호를 IF 주파수 950 MHz로 내려주는 LNB, 상향용 IF 200 MHz ~ 700 MHz의 신호를 Ka 밴드로 올려주는 주파수 변환기, 그리고 Ka 밴드 증폭기의 옥외 장치와 옥내용 STB로 나눌 수 있다. STB는 NIU(Network Interface Unit)와 STU(Set Top Unit)으로 나누어지고 STU의 출력은 TV, 컴퓨터, 그리고 전화기/팩스가 될 것이다. 그림 7의 하향

송신기는 그림 2의 LMCS NIU 수신기와 일치하고 그림 7의 상향 송신기 블록이 그림 4의 LMCS NIU 송신기와 일치한다.

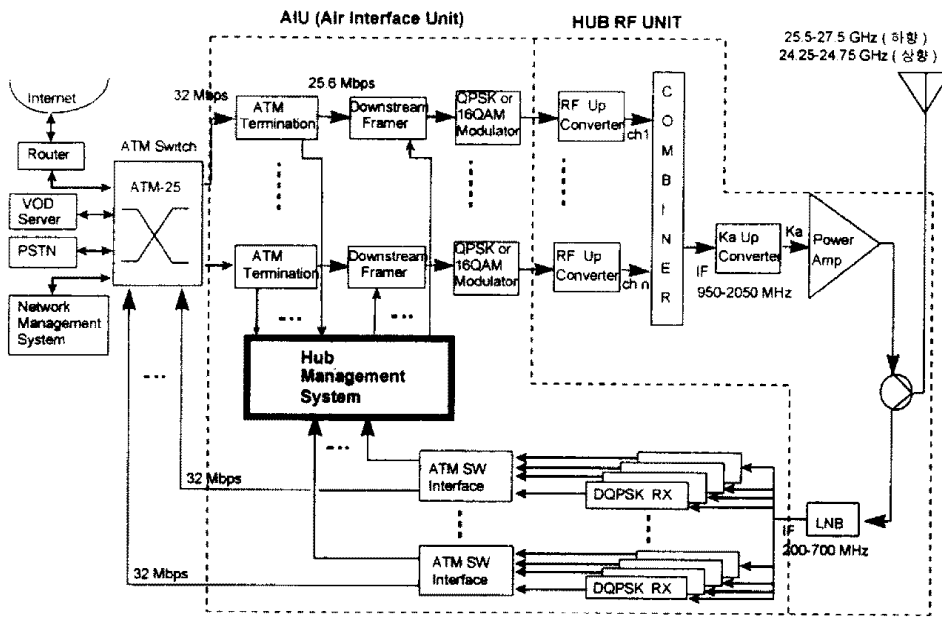


그림 6. 기지국 시스템 구성도

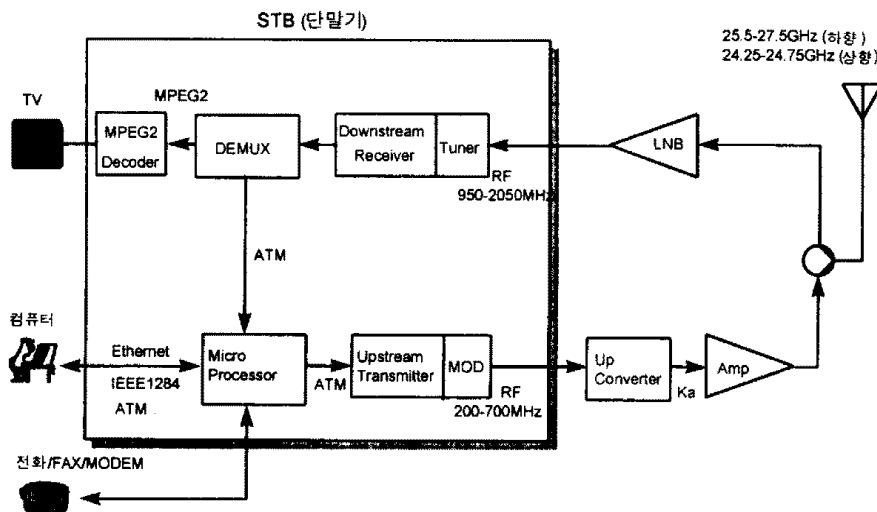


그림 7. 단말기 시스템 구성도

V 결론

이상과 같이 광대역 무선가입자 망에서의 변복조 방식 및 구조에 대하여 살펴보고 데이터 프레임 및 변복조 파라미터를 제시하였다. 그리고 상향스트림의 경우 기지국 위주로 주파수, 전력, 시간 동기가 맞추어져야 한다는 전제하에 여러 가입자에서 전달되는 상향 프레임의 동기화 방법 및 이 동기화를 위한 가입자 단말기 모델의 요구 사항에 대하여 논하였고 LMCS 서비스를 위한 LMCS 시스템 구조에 대하여 기지국 시스템과 단말기 시스템으로 나누어 설계하여 제시하였다. 위와 같이 구현된 LMCS 용 모델을 기반으로 한 LMCS 시스템을 통한 멀티미디어 서비스가 광대역과 쌍방향성을 동시에 만족하면서 경제적이고 신속한 시스템 구현이 가능하다는 점에서 앞으로의 멀티미디어 서비스를 주도해 나갈 가능성이 있는 가입자 망이 될 것이다.

* 본 논문은 한국전기통신공사 연구개발본부 무선통신연구소 학술용역 결과임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] 정보통신부공고 제 1997-49 호, '가입자회선(WLL)용 주파수 분배', 1997년 4월.
- [2] 진영미, 정한옥, 정화영, 'LMCS 시스템 설계를 위한 서비스 연구', 97 정보통신의 날 기념 학술 발표, 1997년 4월.
- [3] 김대진, 김영한, '28GHz 대역에서의 효율적인 변조방식에 관한 연구 및 디지털 LMCS 시스템 설계', 1997년 6월.
- [4] Robert Mindte, 'LMDS Executive Summary', 해태텔레콤 양방향 디지털 LMDS 기술시연설명회, 1997년 7월.
- [5] 이문호, '무선디지털 LMDS 전송시스템', 방송공학회지 제 2권 1997년 6월.
- [6] DAVIC 1.2 Specification Part 8 'Lower Layer Protocols and Physical Interfaces', Digital Audio-Visual Council, 1997년.